

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-337289

(43)Date of publication of application : 06.12.1994

(51)Int.Cl.

G01T 1/20

(21)Application number : 05-151564 (71)Applicant : SHIMADZU CORP

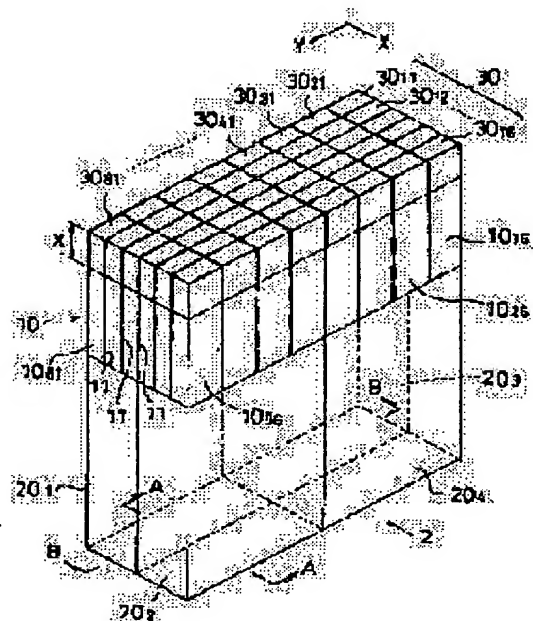
(22)Date of filing : 27.05.1993 (72)Inventor : YAMAMOTO SEIICHI
MATSUYAMA TSUNEKAZU

(54) RADIATION DETECTOR AND APPLICATION THEREOF

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a radiation detector which can acquire the information of γ -ray emitting position with respect to the depth direction of a scintillator through a simple constitution.

CONSTITUTION: The radiation detector comprising first scintillators 1011-1086 and photomultipliers 201-204 for identifying the incident positions in X and Y directions based on the ratio of outputs therefrom is coupled optically with second scintillators 3011-3086 having the damping time of emission pulse different from that of the first scintillators 1011-1086. When the damping time of emission pulse is identified, a decision can be made in which of the first and second scintillators 1011-1086, 3011-3086 the emission takes place and the incident position can be identified based on the ratio of outputs from the photomultipliers 201-204.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 06.08.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 21.08.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-337289

(43) 公開日 平成6年(1994)12月6日

(51) Int. Cl.⁵

G 0 1 T 1/20

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

G 7204-2 G

審査請求 未請求 請求項の数2

F D

(全10頁)

(21) 出願番号 特願平5-151564

(22) 出願日 平成5年(1993)5月27日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 山本 誠一

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所三条工場内

(72) 発明者 松山 恒和

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会
社島津製作所三条工場内

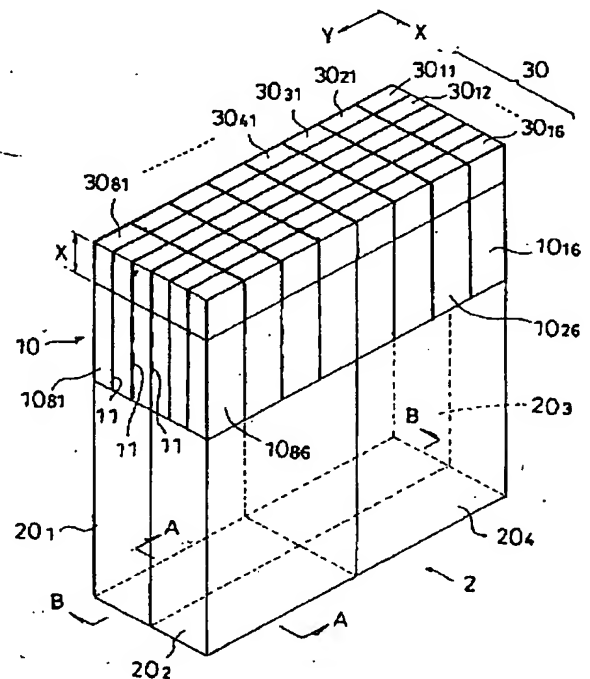
(74) 代理人 弁理士 杉谷 勉

(54) 【発明の名称】 放射線検出器及びそれを用いた装置

(57) 【要約】

【目的】 シンチレータの深さ方向に対するガンマ線の発光位置の情報を簡単な構成で得ることができる放射線検出器を提供する。

【構成】 X、Y方向の入射位置を光電子倍增管20₁～20₄の出力比で識別できる光電子倍增管20₁～20₄、第1のシンチレータ10₁₁～10₈₆からなる放射線検出器に、第1のシンチレータ10₁₁～10₈₆と発光パルスの減衰時間が異なる第2のシンチレータ30₁₁～30₈₆が光学的に結合されている。第2のシンチレータ30₁₁～30₈₆は、第1のシンチレータ10₁₁～10₈₆との結合面以外反射材が塗布してある。発光パルスの減衰時間を識別することにより、第1、第2のシンチレータ10₁₁～10₈₆、30₁₁～30₈₆のいずれで発光したかが判別でき、光電子倍增管20₁～20₄の出力比により入射位置を識別できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 2次元的に密着配置された複数本のシンチレータと、前記シンチレータ群に対して光学的に結合され、かつ、前記シンチレータの本数よりも少ない複数本の光電子倍增管を備え、前記光電子倍增管の出力比に基づいてガンマ線の入射位置を検出する放射線検出器において、前記各シンチレータには、その深さ方向に、発光パルスの減衰時間の異なる別異のシンチレータを光学的に結合したことを特徴とする放射線検出器。

【請求項2】 請求項1に記載の放射線検出器を被検体の体軸回りに周設し、かつ、前記被検体から放射されるガンマ線の入射位置を検出する位置検出手段と、前記各シンチレータの発光パルスの減衰時間の違いによりいずれのシンチレータで発光したかを識別する発光位置識別手段と、前記位置検出手段で検出された情報と前記発光位置識別手段で識別された情報とに基づいて、関心部位のR I分布の断層像を作成する画像処理手段とを備えたことを特徴とする放射線検出器を用いた装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、被検体に投与されて関心部位に蓄積された放射性同位元素（R I）から放出された放射線（ガンマ線）の入射位置を検出するための放射線検出器、およびその放射線検出器を用いて関心部位のR I分布の断層像を得るように構成した装置、例えば、ポジトロン放射トモグラフィ（PET）装置などに関する。

【0002】

【従来の技術】従来のこの種の放射線検出器は、検出分解能を高めるために、複数のシンチレータとそれよりも少ない数の光電子倍增管を結合し、シンチレータでの発光を複数の光電子倍增管に適正に分配して、各光電子倍增管の出力比からガンマ線の入射位置を決定するように構成されている。

【0003】このような放射線検出器として、例えば、特公平2-14666号、特公表62-500957号、特開平3-185385号公報などに開示されているもの、あるいは、本願出願人が特願平4-108972号で提案しているもの等がある。

【0004】この一例を、図12を参照して説明する。図に示す放射線検出器1は、X方向に6個、Y方向に8個の合計48個のシンチレータ10₁₁～10₈₆を2次元的に密着配置したシンチレータ群10と、このシンチレータ群10に対して光学的に結合された4個の光電子倍增管20₁、20₂、20₃、20₄とから構成されている。シンチレータ10_{ij}（i=1～8、j=1～6）としては、例えば、Bi₄Ge₃O₁₂（BGO）が用いられている。また、シンチレータ10_{ij}での発光を各光電子倍增管20₁～20₄に適正に分配するために、各シンチレータ10_{ij}が対向する面に長さが違うスリット

を設けたり（特公表62-500957号）、各シンチレータ10_{ij}の結合面を粗面および／または鏡面とした（特開平3-185385号）、あるいは、図12に示すように、各シンチレータ10_{ij}が対向する面の所要領域に光学的反射材11を、各シンチレータ10_{ij}の配列順序に関連して変化させて被着させている（特願平4-108972号）。これにより、各光電子倍增管20₁～20₄の出力比を求めれば、X方向、Y方向に対するガンマ線の入射位置、すなわち、どのシンチレータ10_{ij}にガンマ線が入射したかを認識することができる。

【0005】このような放射線検出器1を用いて被検体の関心部位のR I分布の断層像を得るための、例えば、PET装置は、図13に示すように、複数の放射線検出器1を被検体Mの体軸J回りに周設して構成されている。

【0006】図では、各放射線検出器1のX方向を体軸J回りに、Y方向を体軸J方向（紙面に垂直方向）にそれぞれ一致させてある。被検体Mの関心部位から放出されたガンマ線は各放射線検出器1で検出される。各放射線検出器1では、それぞれどのシンチレータにガンマ線が入射したかを識別する。このようにして得られたガンマ線の入射位置の情報に基づいて、関心部位のR I分布の断層像を得る。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構成を有する従来例の場合には、次のような問題がある。すなわち、PET装置において、視野中心から離れた位置P_nから放出されるガンマ線は、図14に示すように、放射線検出器1のシンチレータに斜めから入射する。このとき、図15に示すように、ガンマ線が放射線検出器1_nのシンチレータ10_{4j}に入射したにもかかわらず、シンチレータ10_{3j}内で発光する場合がある。従来の放射線検出器1では、このようにシンチレータ10_{4j}に入射し、シンチレータ10_{3j}内で発光したガンマ線は、シンチレータ10_{3j}に入射したものと認識されることになる。従って、シンチレータに斜めから入射したガンマ線を誤った位置で検出することになり、得られた断層像は不正確なものになるという問題がある。

【0008】ところで、例えば、図16に示すように、シンチレータを深さ方向にA、Bの2層に分割して、ガンマ線がいずれの層で発光したかを検出できれば、その発光位置についての情報と、ガンマ線の入射位置についての情報とに基づいて、被検体Mのガンマ線の放出位置を正確に認識することができる。例えば、上述のような場合、A層で発光し、シンチレータ10_{4j}に入射したことを検出したときには、放出位置（例えば、図14のP_n）からガンマ線が放出したと認識し、また、B層で発光し、シンチレータ10_{3j}に入射したことを検出したときにも、放出位置P_nからガンマ線が放出したと認識する。このように、シンチレータの深さ方向に対するガン

マ線の発光位置を検出できれば、ガンマ線の入射位置の検出精度の向上を図ることができるので、上述のような問題に対処することもできる。

【0009】しかし、シンチレータの深さ方向に対するガンマ線の発光位置の情報を得る方法として、シンチレータの側面にフォトダイオード等を接続した方法などが考案されているが、構造が複雑でコスト高を招くなど、実用的ではない。

【0010】この発明は、このような事情に鑑みてなされたものであって、シンチレータの深さ方向に対するガンマ線の発光位置の情報を簡単な構成で得ることができる放射線検出器と、その放射線検出器を用いて、被検体の関心部位のR I分布の断層像を得るための装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】この発明は、このような目的を達成するために、次のような構成をとる。すなわち、請求項1に記載の発明は、2次元的に密着配置された複数本のシンチレータと、前記シンチレータ群に対して光学的に結合され、かつ、前記シンチレータの本数よりも少ない複数本の光電子倍增管を備え、前記光電子倍增管の出力比に基づいてガンマ線の入射位置を検出する放射線検出器において、前記各シンチレータには、その深さ方向に、発光パルスの減衰時間の異なる別異のシンチレータを光学的に結合したものである。

【0012】また、請求項2に記載の発明は、請求項1に記載の放射線検出器を被検体の体軸回りに周設し、かつ、前記被検体から放射されるガンマ線の入射位置を検出する位置検出手段と、前記各シンチレータの発光パルスの減衰時間の違いによりいずれのシンチレータで発光したかを識別する発光位置識別手段と、前記位置検出手段で検出された情報と前記発光位置識別手段で識別された情報とに基づいて、関心部位のR I分布の断層像を作成する画像処理手段とを備えたものである。

【0013】

【作用】請求項1に記載の発明の作用は次のとおりである。すなわち、放射線検出器に入射したガンマ線は、深さ方向に結合されたいずれかのシンチレータで発光する。それぞれのシンチレータの発光パルスの減衰時間は異なるので、その発光パルスの減衰時間の違いを識別することにより、いずれのシンチレータでガンマ線が発光したかを検出することができる。

【0014】また、請求項2に記載の発明によれば、位置検出手段でガンマ線の入射位置を検出するとともに、発光位置識別手段でいずれのシンチレータで発光したかの情報、すなわち、シンチレータの深さ方向に対する発光位置についての情報を得る。画像処理手段では、位置検出手段で検出されたガンマ線の入射位置の情報を、発光位置識別手段で識別されたシンチレータの深さ方向に対する発光位置についての情報によって、ガンマ線の放

出位置を正確に認識するように補正して関心部位のR I分布の断層像を作成する。これにより、例えば、シンチレータに斜め方向に入射するガンマ線の放出位置の誤検出を低減できるので、作成された断層像はより正確なものとなる。

【0015】

【実施例】以下、図面を参照してこの発明の一実施例を説明する。図1は、この発明の一実施例に係る放射線検出器の構成を示す斜視図、図2は、図1のA-A矢視断面図、図3は図1のB-B矢視断面図である。なお、図12と同一符号で示す部分は従来例と同一構成であるので、ここでの詳述は省略する。

【0016】この実施例に係る放射線検出器2では、4個の光電子倍增管20_k (k=1~4)に、48個の第1のシンチレータ10_{i,j} (i=1~8、j=1~6)からなる第1のシンチレータ群10が、光学的に結合されており、各第1のシンチレータ10_{i,j}の上面(光電子倍增管20_kと結合された面と反対側の面)には、第2のシンチレータ30_{i,j} (i=1~8、j=1~6)からなる第2のシンチレータ群30がそれぞれ光学的に結合されている。

【0017】第1のシンチレータ群10を構成する各シンチレータ10_{i,j}が対向する面の所要領域には、特願平-108972号と同様に光学的反射材11を各シンチレータ10_{i,j}の配列順序に関連して変化させて被着させている。すなわち、第2のシンチレータ30_{i,j}を除いた光電子倍增管20_kと第1のシンチレータ群10との構成では、従来例と同様に、各シンチレータ10_{i,j}での発光を各光電子倍增管20_kに適正に分配し、各光電子倍增管20_kの出力比を求めることにより、X方向、Y方向に対するガンマ線の入射位置を認識することができるものである。

【0018】図2、図3に示すように、第2のシンチレータ30_{i,j}の面の内、それぞれ第1のシンチレータ10_{i,j}に結合された面以外の面、すなわち、第2のシンチレータ30_{i,j}の外表面と、各第2のシンチレータ30_{i,j}の対向する面とは、反射材31が塗布してある。従って、図2に示すように、第2のシンチレータ30_{i,j} (例えば、30_{1,3})で発光した光は、それぞれ、その第2のシンチレータ30_{i,j} (30_{1,3})に結合された第1のシンチレータ10_{i,j} (10_{1,3})に導かれることになる。

【0019】また、第1のシンチレータ10_{i,j}と第2のシンチレータ30_{i,j}とは、それぞれ発光パルスの減衰時間が異なるものを用いている。この実施例では、シンチレータ10_{i,j}をBGOで、第2のシンチレータ30_{i,j}は、Gd₂SiO₅ (GSO)で構成した。

【0020】なお、第2のシンチレータ30_{i,j}の長さXは、第2のシンチレータ30_{i,j}を透過した後のガンマ線量Iが、第2のシンチレータ30_{i,j}の上面に入射するガンマ線量I₀の1/2になる長さ程度に設定することが

好ましい。IとI₀とは、

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

の関係で記述できる。ここで、 μ は、シンチレータの吸収係数である。従って、

$$I/I_0 = 1/2 = e^{-\mu x}$$

となり、 x を特定することができる。このように第2のシンチレータ30_{1j}の長さ x が決まれば、第1のシンチレータ10_{1j}と第2のシンチレータ30_{1j}における発光の割合を等分することができる。

【0021】次に、上述の構成の放射線検出器の作用を 10 図4を参照して説明する。図4(a)に示すように、第1のシンチレータ10_{1j}内で発光した光は、従来例と同様に、各光電子倍增管20_kに適正に分配され、各光電子倍增管20_kの出力比を求めることにより、 x 方向、 y 方向に対するガンマ線の入射位置を認識することができる。なお、第1のシンチレータ10_{1j}内で発光した光の発光パルスの減衰時間は、約300nsである。

【0022】一方、図4(b)に示すように、第2のシンチレータ30_{1j}内で発光した光は、その第2のシンチレータ30_{1j}に結合された第1のシンチレータ10_{1j}に 20 導かれる。第1のシンチレータ10_{1j}に導かれた光は、従来例と同様に、各光電子倍增管20_kに適正に分配され、各光電子倍增管20_kの出力比を求めることにより、 x 方向、 y 方向に対するガンマ線の入射位置を認識することができる。なお、第2のシンチレータ30_{1j}内で発光した光の発光パルスの減衰時間は、約60nsである。

【0023】すなわち、第1のシンチレータ10_{1j}、第2のシンチレータ30_{1j}のいずれで発光しても、 x 方向、 y 方向に対するガンマ線の入射位置を認識することが 30 できる。

【0024】また、第1、第2のシンチレータ10_{1j}、30_{1j}で発光した光の発光パルスの減衰時間と、光電子倍增管20_kからの出力電圧値との関係を図5に示す。図からも判るように、各波形を分析してやることにより、第1のシンチレータ10_{1j}で発光したのか、第2のシンチレータ30_{1j}で発光したのかを識別することができる。

【0025】ガンマ線の入射位置と発光位置とを検出する回路構成を図6に示す。図中、 P_1 、 P_2 、 P_3 、 P_4 は、それぞれ光電子倍增管20₁、20₂、20₃、20₄からの出力(電圧値)である。

【0026】位置検出回路41では、 $P_1 + P_3$ と $P_2 + P_4$ との比に基づき、 x 方向に対する入射位置の検出を行ない、 $P_1 + P_2$ と $P_3 + P_4$ との比に基づき、 y 方向に対する入射位置の検出を行なう。なお、この位置検出回路41は、この発明における位置検出手段に相当する。

【0027】波形分析回路42では、 $P_1 \sim P_4$ の発光パルスの減衰時間を、例えば、コンパレータ等で分析し 50

て、第1のシンチレータ10_{1j}で発光したのか、第2のシンチレータ30_{1j}で発光したのかを識別する。なお、この波形分析回路42は、この発明における発光位置識別手段に相当する。

【0028】双方の回路41、42からの識別結果に基づいて、シンチレータの深さ方向に2層に分割した状態で、ガンマ線の入射位置を認識することができる。これは概念的には、図7に示すように、2個の検出器3、4を、2段に連結したのと同じことになり、シンチレータの深さ方向に対する入射位置の識別精度をより一層向上させることができる。

【0029】なお、上述の実施例装置では、第1のシンチレータ10_{1j}としてBGOを、第2にシンチレータ30_{1j}としてGSOを用いたが、第1のシンチレータ10_{1j}としてGSOを、第2にシンチレータ30_{1j}としてBGOを用いて装置を構成してもよい。また、第1のシンチレータ10_{1j}と第2のシンチレータ30_{1j}との発光パルスの減衰時間が異なる組合わせであれば、BGO、GSO以外であっても、NaI、BaF₂、CsFなどを用いて第1、第2のシンチレータ10_{1j}、30_{1j}を構成してもよい。

【0030】さらに、上述の実施例では、2種類のシンチレータを用いてシンチレータの深さ方向に2層に分割したが、3種以上のシンチレータをシンチレータの深さ方向に光学的に結合して、シンチレータの深さ方向に3層以上に分割して放射線検出器を構成してもよく、そのようにすれば、シンチレータの深さ方向に対するより細かい情報が得られる。

【0031】また、上述の実施例では、特願平4-108972号に第2のシンチレータ30_{1j}を結合して構成したが、その他、特公平2-14666号、特公表62-500957号、特開平3-185385号公報などに開示されているシンチレータに第2のシンチレータ30_{1j}を結合して構成してもよい。

【0032】次に、上述の放射線検出器2を用いたPET装置の構成を図8を参照して説明する。図8に示すように、各放射線検出器2を被検体Mの体軸J回りに周設して装置が構成されている。

【0033】また、各放射線検出器2の位置検出回路41と波形分析回路42との出力データは、それぞれ分配回路43に与えられる。各分配回路43では、波形分析回路42の判定結果が、第1のシンチレータ群10であれば、位置検出回路41から与えられた入射位置情報を第1のメモリ51に記憶し、波形分析回路42の判定結果が、第2のシンチレータ群30であれば、位置検出回路41からの入射位置情報を第2のメモリ52に記憶する。

【0034】すなわち、第1のメモリ51には、第1のシンチレータ群10に対する入射位置情報が記憶され、第2のメモリ52には、第2のシンチレータ群30に対

する入射位置情報が記憶されている。第1、第2のメモリ51、52からの情報は、画像処理部60に与えられる。画像処理部60では、与えられた情報に基づいてR I分布の断層像を作成する。なお、この画像処理部60は、この発明における画像処理手段に相当する。

【0035】このようなPET装置において、従来例で指摘した、放射線検出器に斜めに入射するガンマ線について考えてみる。図9(a)に示すように、第2のシンチレータ30_{4j}で発光した光は、第1のシンチレータ10_{4j}に導かれる。そして、第2のメモリ52に第2のシンチレータ30_{4j}に入射したものと記憶される。

【0036】一方、図9(b)に示すように、第2のシンチレータ30_{4j}を突き抜けて第1のシンチレータ10_{4j}で発光した光は、第1のメモリ51に第1のシンチレータ10_{4j}に入射したものと記憶される。

【0037】ここで、視野中心からずれた位置P_nから放出されたガンマ線の入射位置を、例えば、第1のシンチレータ群10に対しては第1のシンチレータ10_{4j}、第2のシンチレータ群30に対しては第2のシンチレータ30_{4j}で検出するというのを予め決めておき、画像処理部60で断層像を作成することにより、従来例のような検出誤差による画像の劣化を低減することができる。

【0038】なお、シンチレータの深さ方向に3種類以上のシンチレータを結合した放射線検出器を用いれば、入射位置の検出精度を一層向上させることができるので、断層像をより正確なものとすることができる。

【0039】また、従来のPET装置では、図10に示すように、Pa、Pb間を最小分解能とした検出分解能しか得られないので、ウオブリング等により、各放射線検出器1を被検体に対して振動させて、Pa、Pb間の位置から放出されるガンマ線の検出を行なえるようにしているが、上述のようなPET装置では、シンチレータの深さ方向に2層に分割して入射位置を検出することができるので、ウオブリング等を行なわなくとも、例えば、図11に示すように、Pa、Pb間の位置から放出されるガンマ線の検出も行なうことができる。

【0040】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項1に記載の発明によれば、シンチレータの深さ方向に対して、減衰時間の異なる別異のシンチレータを光学的に結合して、シンチレータの深さ方向に対するガンマ線の発光位置を検出できるように構成したので、シンチレータの深さ方向に対するガンマ線の発光位置の情報を簡単な構成で得られる放射線検出器を実現できる。

【0041】また、請求項2に記載の発明によれば、各

放射線検出器では、シンチレータの深さ方向に対して複数層に分割された状態で、ガンマ線の入射位置を検出することができるので、例えば、斜め方向から入射したガンマ線の放出位置をより正確に認識することができる。従って、入射位置の誤検出による断層像の劣化を低減することができる。また、シンチレータの深さ方向に分割して入射位置を検出することができるので、ウオブリング等を行なわなくとも、検出分解能を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例に係る放射線検出器の構成を示す斜視図である。

【図2】図1のA-A矢視断面図である。

【図3】図1のB-B矢視断面図である。

【図4】実施例装置の作用を説明するための図である。

【図5】第1、第2のシンチレータで発光した光の発光パルスの減衰時間と、光電子倍增管からの出力電圧値との関係を示す図である。

【図6】ガンマ線の入射位置と発光位置とを検出する回路構成を示す図である。

【図7】実施例装置の構成を2個の放射線検出器で概念的に示した図である。

【図8】実施例装置を用いたPET装置の構成を示す図である。

【図9】ガンマ線がシンチレータに斜めに入射したときの作用を説明するための図である。

【図10】従来装置の検出分解能を示す図である。

【図11】この発明に係るPET装置の検出分解能を示す図である。

【図12】従来例に係る放射線検出器の構成を示す斜視図である。

【図13】従来例に係るPET装置の構成を示す図である。

【図14】従来例の問題点を説明するための図である。

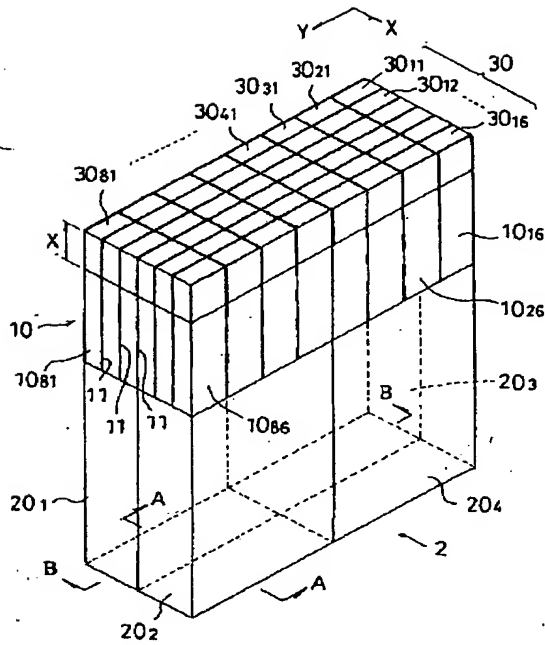
【図15】従来例の問題点を説明するための図である。

【図16】シンチレータを2層に分割した場合の効果を説明するための図である。

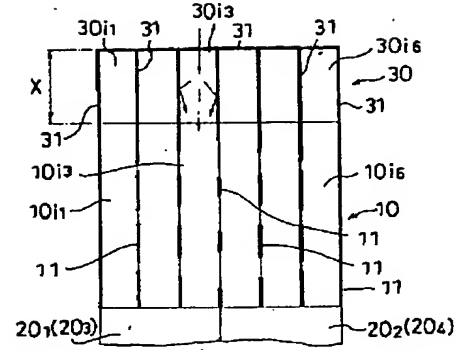
【符号の説明】

2 … 放射線検出器
10_{4j} … 第1のシンチレータ
11、31 … 反射材
20_k … 光電子倍增管
30_{4j} … 第2のシンチレータ
41 … 位置検出回路
42 … 波形分析回路
60 … 画像処理部

【図 1】

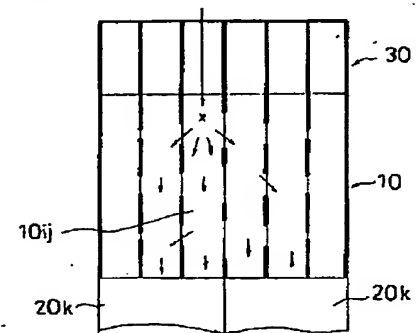


【図 2】

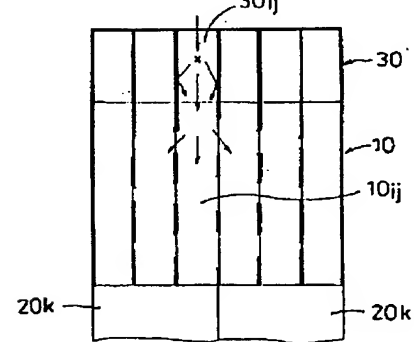


【図 4】

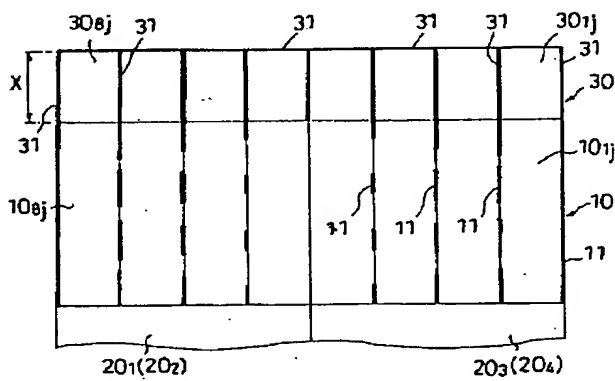
(a)



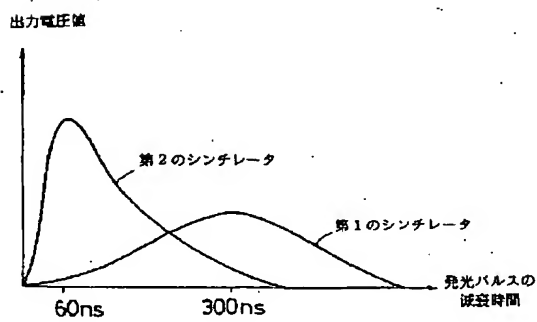
(b)



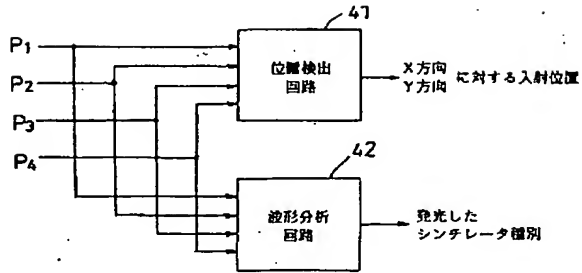
【図 3】



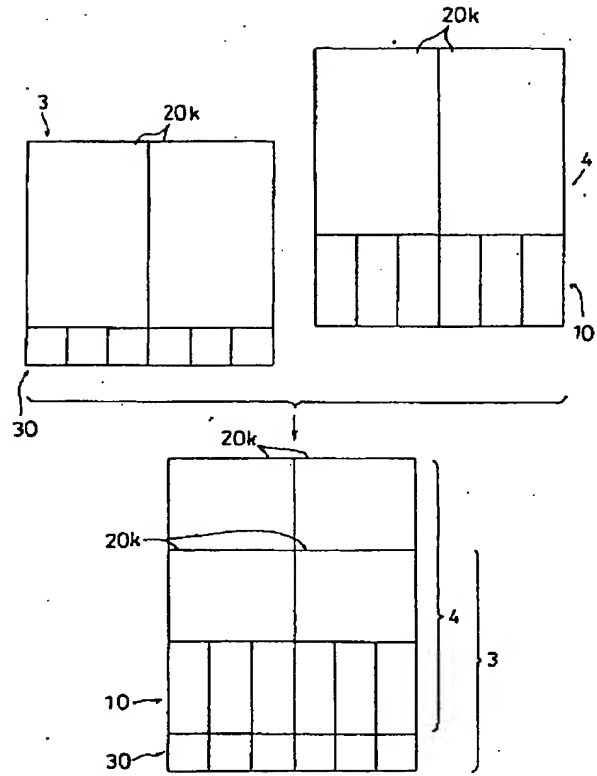
【図 5】



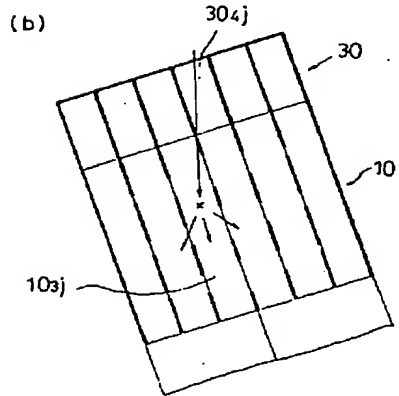
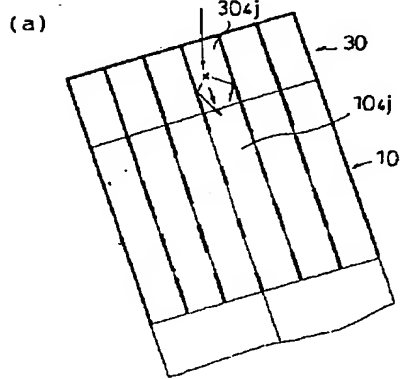
【図6】



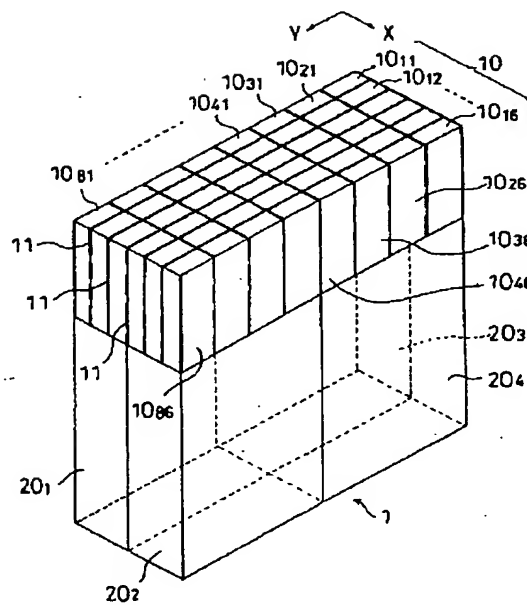
【図7】



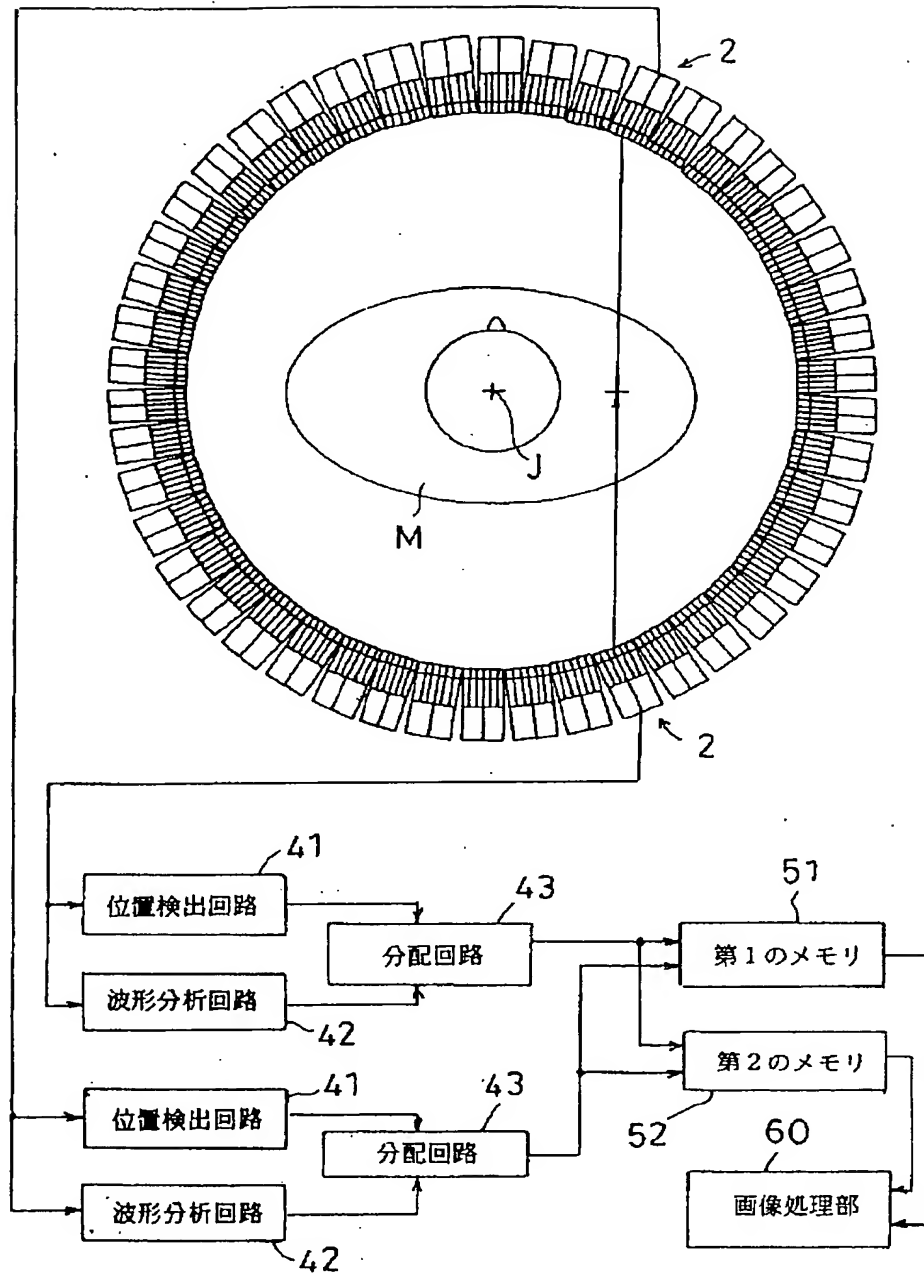
【図9】



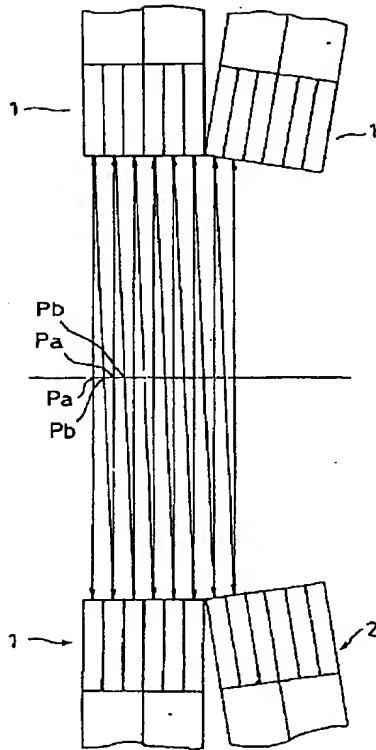
【図12】



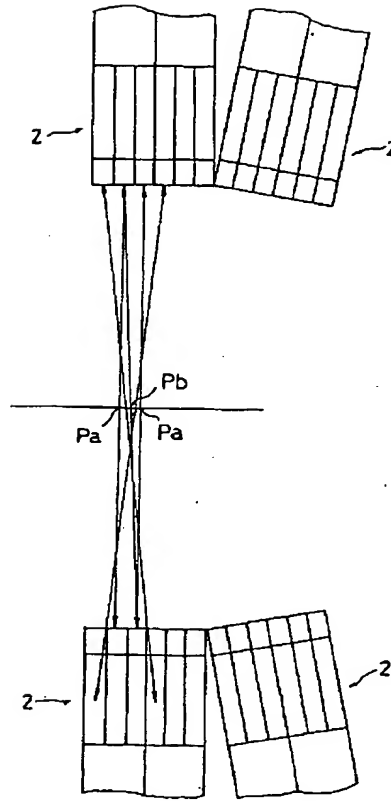
【図8】



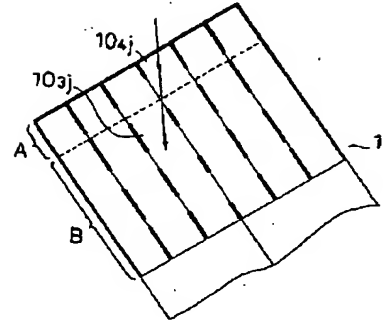
【図10】



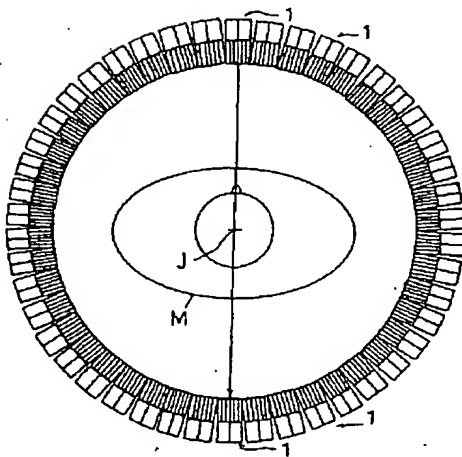
【図11】



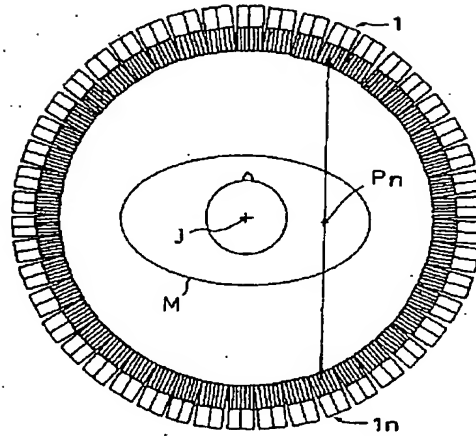
【図16】



【図13】



【図14】



【図15】

